

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 9月10日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第257003号

出願人
Applicant(s):

株式会社ニコン

JCS18 U.S. PTO
09/659211
09/11/00

Handwritten signature: M. T. ...

2000年 6月29日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦 (Seal)

出証番号 出証特2000-3051128

【書類名】 特許願

【整理番号】 99-00578

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号株式会社ニコン内

 【氏名】 平柳 徳行

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

 【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

 【識別番号】 100100413

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 渡部 温

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033189

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9607674

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マーク検出方法、電子線装置及び半導体デバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料上に形成されているマークに電子線を走査しながら照射するとともに、試料上で反射電子を検出してマークを検出する方法であって；

上記試料のマークが形成されていない部分に電子線を照射して反射電子信号を得、

マークが形成されている部分に電子線を照射して反射電子信号を得、

両反射電子信号の差信号を求め、

該差信号からマーク位置を決定することを特徴とするマーク位置検出方法。

【請求項 2】 上記試料がある結晶方位面を有し、

該面のマークが形成されていない平坦部から得られる反射電子信号波形が試料の結晶性を反映したものであり、

上記マークが形成されている部分から得られる反射電子信号波形から、上記試料の結晶性を反映した信号波形を分離して、上記マーク形状又はマーク材質を反映した信号波形を抽出することを特徴とする請求項 1 記載のマーク検出方法。

【請求項 3】 上記試料の結晶性を反映した反射電子信号波形が、走査電子線の上記平坦面への入射角度の変化に応じて反射電子の強度が変化することにより生じるものであることを特徴とする請求項 2 記載のマーク位置検出方法。

【請求項 4】 試料を載置する試料台と、

電子線源と、

該電子線源から放出される電子線を試料に照射する電子線光学系と、

試料からの反射電子を検出する反射電子検出器と、

上記試料のマークが形成されていない部分に電子線を照射して反射電子信号を得るとともに、マークが形成されている部分に電子線を照射して反射電子信号を得、両反射電子信号の差信号を求め、該差信号からマーク位置を決定するマーク位置判定部と、

を具備することを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項記載のマーク位置検出方法を用

いてリソグラフィー工程の露光を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体デバイスのリソグラフィー工程で用いられる電子線露光装置等において、正確なマーク位置検出が行えるマーク位置検出方法等に関する。

【0002】

【背景技術】

まず、図3を参照しつつ電子線装置における一般的なマーク位置検出方法の概要を説明する。

図3（A）は、電子線露光装置の構成を模式的に示す図であり、（B）はウエハ上のマークを電子ビームEBで走査する様子を模式的に示す図であり、（C）は走査時に得られる反射電子信号波形の理想的な一例を模式的に示す図である。

【0003】

この電子線露光装置は電子線発生源（電子銃）1を有し、この電子線発生源から電子ビームEBが射出される。この電子ビームEBは電子線光学系OSを通過してシリコンウエハ（試料）7に照射される。このウエハ7は、ウエハステージ（試料台）5上に載置されている。ウエハステージ5は電子線露光を行う際にウエハを載置するための可動ステージである。

ウエハ7に入射する電子ビームEBは、電子線光学系OSの出側のスキャン用偏向器3で偏向される。この偏向器3は制御器4に接続されており、この制御器4によって偏向器3が制御され、電子ビームEBはシリコンウエハ7上で2次元的に走査される。

【0004】

このように電子ビームEBがシリコンウエハ7に照射されると、ウエハ7表面から後方散乱電子（反射電子）が発生し、この後方散乱電子が反射電子検出器9によって検出される。反射電子検出器9の信号は、増幅器やA/D変換器等を含むインターフェース8を介してマーク位置判定部10に送られる。このような構

成により、ウエハ 7 への入射ビームを走査した際の反射電子信号の強度変化を観測できる。

【0 0 0 5】

次に、従来のマーク検出方法を説明する。電子線露光装置の電子線光学系 O S 内に配置されている成形アパーチャ（図示されず）等で成形した電子ビーム E B を、シリコンウエハ 7 上に形成されたアライメントマーク 7 a 上で照射・走査する。この場合、図 3（B）に示すように、マーク 7 a はウエハ表面に掘り込まれた溝 7 b からなる。このアライメントマーク 7 a を電子線 E B で走査すると、理想的には、図 3（C）に示すようなアライメントマーク 7 a の形状に応じた反射電子信号波形を得ることができ、得られた波形からマークの位置を検出できる。

なお、この場合のように溝でマークを形成する他に、電子の反射率の高い重金属（T a、W 等）のパターン層をウエハ上に形成する場合もある。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記のマーク検出方法において、試料基板としてシリコンウエハ等の結晶性の高いものを対象とする場合、マークの形状や材質に起因する信号の他に、試料の結晶性に起因する信号も検出されることがある。その場合には、反射電子信号中に両信号が重なって検出されてしまう。

特に電子線のエネルギーが 1 0 0 keV 程度と高い場合には、試料の結晶性に起因する信号の強度変化は、シリコンウエハをエッチングして作製したアライメントマークから得られる信号（マーク信号）の強度変化とほぼ同レベルとなる。そうになると、本来検出されるべきマーク検出信号が変形して、マーク位置検出精度が低下してしまう。

【0 0 0 7】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたもので、電子線露光装置等において、正確なマーク位置検出を可能とする方法を提供することを目的とする。また、高精度のパターン形成を行うことができる半導体デバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段及び発明の実施の形態】

上記課題を解決するため、本発明のマーク位置検出方法は、試料上に形成されているマークに電子線を走査しながら照射するとともに、試料上で反射電子を検出してマークを検出する方法であって；上記試料のマークが形成されていない部分に電子線を照射して反射電子信号を得、マークが形成されている部分に電子線を照射して反射電子信号を得、両反射電子信号の差信号を求め、該差信号からマーク位置を決定することを特徴とする。

【0009】

本発明においては、例えば、上記試料がある結晶方位面を有し、該面のマークが形成されていない平坦部から得られる反射電子信号波形が試料の結晶性を反映したものであり、上記マークが形成されている部分から得られる反射電子信号波形から、上記試料の結晶性を反映した信号波形を分離して、上記マーク形状又はマーク材質を反映した信号波形を抽出することができる。

【0010】

試料が単結晶基板であれば、試料の結晶性に起因する信号変化は、基板上のどの部分でも同一である。これを利用し、アライメントマークが形成されていない平坦面の部分から得られる信号波形を試料の結晶性に起因する信号変化とし、この波形を記憶する。

次にアライメントマークの部分から検出された信号波形から信号の結晶性に起因する信号を除去するため、平坦面から得られた信号波形を差し引いたものをアライメントマークによる反射電子信号波形とする。

アライメントマークから得られる信号から、雑音成分となる試料の結晶性に起因する信号波形を除去でき、マーク検出の位置精度が向上する。

【0011】

試料の結晶性に起因する特徴的な反射電子信号の強度波形の一例としては、ある結晶方位を有する単結晶ウエハの表面に電子線を走査しながら照射した場合に、該表面への電子線の入射角と出射角によって後方散乱電子信号の強度が変化する現象から得られる波形がある。この現象は結晶性による電子線の通りやすさの違いから起こるものと推察される。

【 0 0 1 2 】

本発明の電子線装置は、試料を載置する試料台と、電子線源と、該電子線源から放出される電子線を試料に照射する電子線光学系と、試料からの反射電子を検出する反射電子検出器と、上記試料のマークが形成されていない部分に電子線を照射して反射電子信号を得るとともに、マークが形成されている部分に電子線を照射して反射電子信号を得、両反射電子信号の差信号を求め、該差信号からマーク位置を決定するマーク位置判定部と、を具備することを特徴とする。

本発明の半導体デバイス製造方法は、上記電子線装置の較正方法により較正した電子線装置を用いてリソグラフィ工程の露光を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

図 1 に本発明の 1 実施例に係るマーク位置検出方法における反射電子信号波形を示す。図 1 (A) は、シリコン基板上に形成されたアライメントマーク上を電子ビームで走査したときに得られる反射電子信号波形の例である。図 1 (B) はシリコン基板上でアライメントマーク等が形成されていない平坦な面上を電子ビームで走査したときに得られる反射電子信号波形の例である。ここで、図 1 (B) のような波形は、図 2 に示すような電子線チャネリングパターンの一部と考えられる。

【 0 0 1 4 】

この例では、試料は、上表面が面方位 (1 1 1) 面の単結晶シリコンウエハである。そして、図 3 の場合と同様に、電子ビームは偏向走査によって、試料に対する電子線の入射角を徐々に変化させながら照射されている。

この場合には、図 2 (A) に模式的に示すような、電子線回折による反射電子信号パターンが得られる。

【 0 0 1 5 】

図 2 (A) は、スキャン用偏向器の偏向出力と反射電子検出器の検出する反射電子強度信号とを画像化した図である。横軸は X 方向偏向出力、縦軸は Y 方向偏向出力を示し、図中の太い実線は反射電子信号レベルの低い部分を表す。

この例では、X 方向偏向出力と Y 方向偏向出力とがある直線関係にあるときに

反射電子信号が弱くなる傾向がある。そのため、図 2 のような 6 本の直線 1 2 が交差するようなパターンが観察できる。

【 0 0 1 6 】

図 2 (B) は、図 2 (A) に示す B - B 間を 1 次元的に走査したときに得られる波形の例である。これらのパターンは、上述のように、結晶格子への電子ビームの入射角が変化することで生じる反射電子信号の強度分布であり、同じ結晶方位を持つ試料基板上では共通に得られるものである。

【 0 0 1 7 】

したがって、同一単結晶シリコン基板上の平坦面で試料の結晶性に起因する反射電子信号波形図 1 (B) を取得・記憶し、アライメントマーク部で得られる反射電子信号波形図 1 (A) から差し引くことで、試料の結晶性に起因する反射電子信号波形を除去することができる。

図 1 (C) は、そのようにして得た信号波形であり、純粹にアライメントマークの形状や材質による信号波形である。なお、図 1 (A) と図 1 (B) の波形を取得する際には、電子ビームの走査条件や、試料と電子ビームの傾きの条件を同一にする必要があることは言うまでもない。

【 0 0 1 8 】

また、シリコン基板上にレジスト等が塗布してある場合は、試料の結晶性に起因する反射電子信号波形の強度は低下するが、完全になくなるわけではないので、この手法はアライメントマーク位置の検出精度向上には有効なものである。

以上説明した本実施例のマーク位置検出方法は、図 3 に示す電子線装置のマーク位置判定部 1 0 の指令によって自動的に行うようにすることもできる。

【 0 0 1 9 】

次に、上述のマーク位置検出方法を用いてリソグラフィー工程の露光を行うデバイス製造方法の実施例を説明する。

図 4 は、本発明の半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。

この例の製造工程は以下の各主工程を含む。

- ① ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）

- ②露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- ③ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程
- ④ウエハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程
- ⑤できたチップを検査するチップ検査工程

なお、それぞれの工程はさらにいくつかのサブ工程からなっている。

【0020】

この主工程の中で、半導体のデバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。

このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

- ①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）
- ②この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- ③薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程
- ④レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）
- ⑤イオン・不純物注入拡散工程
- ⑥レジスト剥離工程
- ⑦さらに加工されたウエハを検査する検査工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0021】

図5は、図4のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

- ①前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジ

スト塗布工程

②レジストを露光する露光工程

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程

上記露光工程におけるアライメント等に上記マーク位置検出方法を用いると、リソグラフィ工程のパターン形成の精度が改善される。特に、必要な最小線幅、及びそれに見合った重ね合わせ精度を実現することに係わる工程はリソグラフィ工程、その中でも位置合わせ制御を含めた露光工程であり、本発明の適用により、今まで困難であった半導体デバイスの製造が可能になる。

【 0 0 2 2 】

【発明の効果】

本発明によれば、100 keV 程度の電子ビームでシリコンウエハ等の結晶性の高い試料上に形成されたアライメントマークを検出する場合にも、マーク検出位置精度を向上することができる。また、高精度のパターン形成を行うことのできる半導体デバイス製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の 1 実施例に係るマーク位置検出方法における反射電子信号波形の例を説明する図を示す。(A) はシリコン基板上に形成されたアライメントマーク上を電子ビームで走査したときに得られる反射電子信号波形の例である。(B) はシリコン基板上でアライメントマーク等が形成されていない平坦な面上を電子ビームで走査したときに得られる反射電子信号波形の例である。(C) は、波形(A) から波形(B) を差し引いて得た波形である。

【図 2】

単結晶 Si ウエハ上を電子ビーム偏向により走査した際に得られる結晶性を反映した反射電子信号を説明するための図である。(A) はシリコン基板上を 2 次元的に電子ビームで走査したときに得られるパターンの例であり、(B) は(A) に示した B-B 間を 1 次元的に走査したときに得られる波形の例である。

【図 3】

(A) は、電子線露光装置の構成を模式的に示す図であり、(B) はウエハ上のマークを電子ビーム E B で走査する様子を模式的に示す図であり、(C) は走査時に得られる反射電子信号波形の一例を模式的に示す図である。

【図 4】

本発明の半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。

【図 5】

図 4 のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

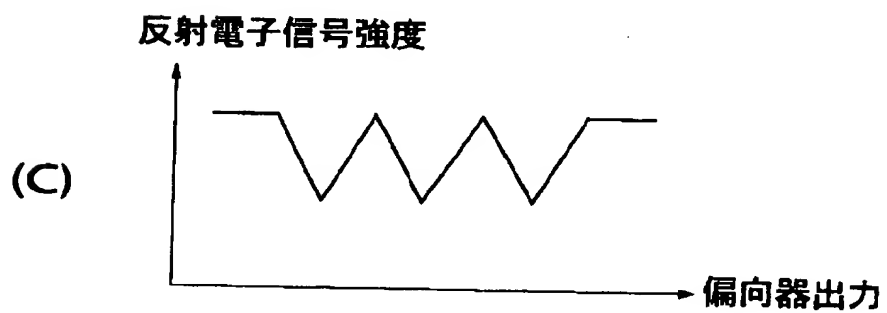
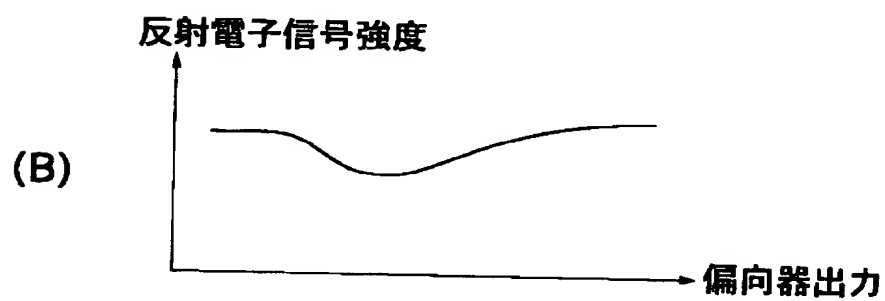
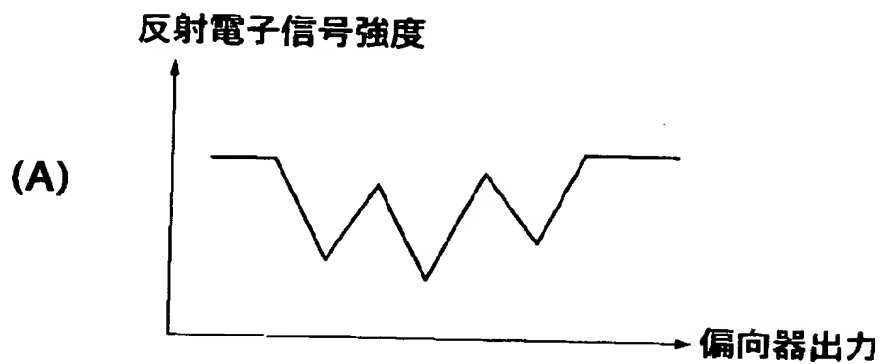
【符号の説明】

- | | |
|-----------|---------------|
| 1 電子線発生源 | 3 スキャン用偏向器 |
| 4 制御器 | 5 試料台 |
| 7 試料 | 7 a アライメントマーク |
| 7 b 溝 | 8 インターフェース |
| 9 反射電子検出器 | 1 0 マーク位置判定部 |
| 1 2 線 | |

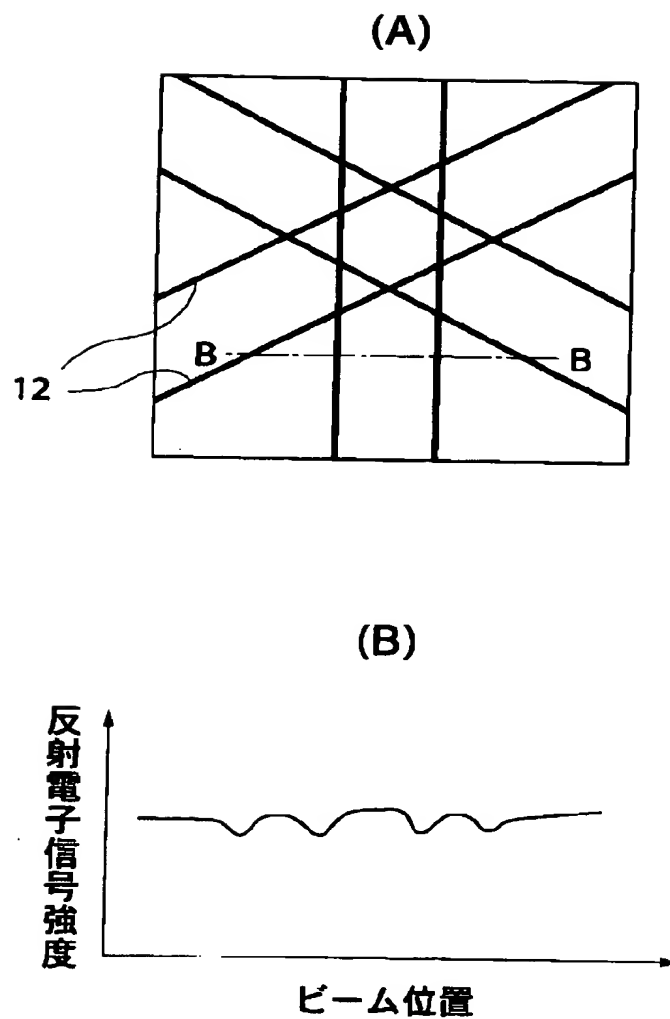
【書類名】

図面

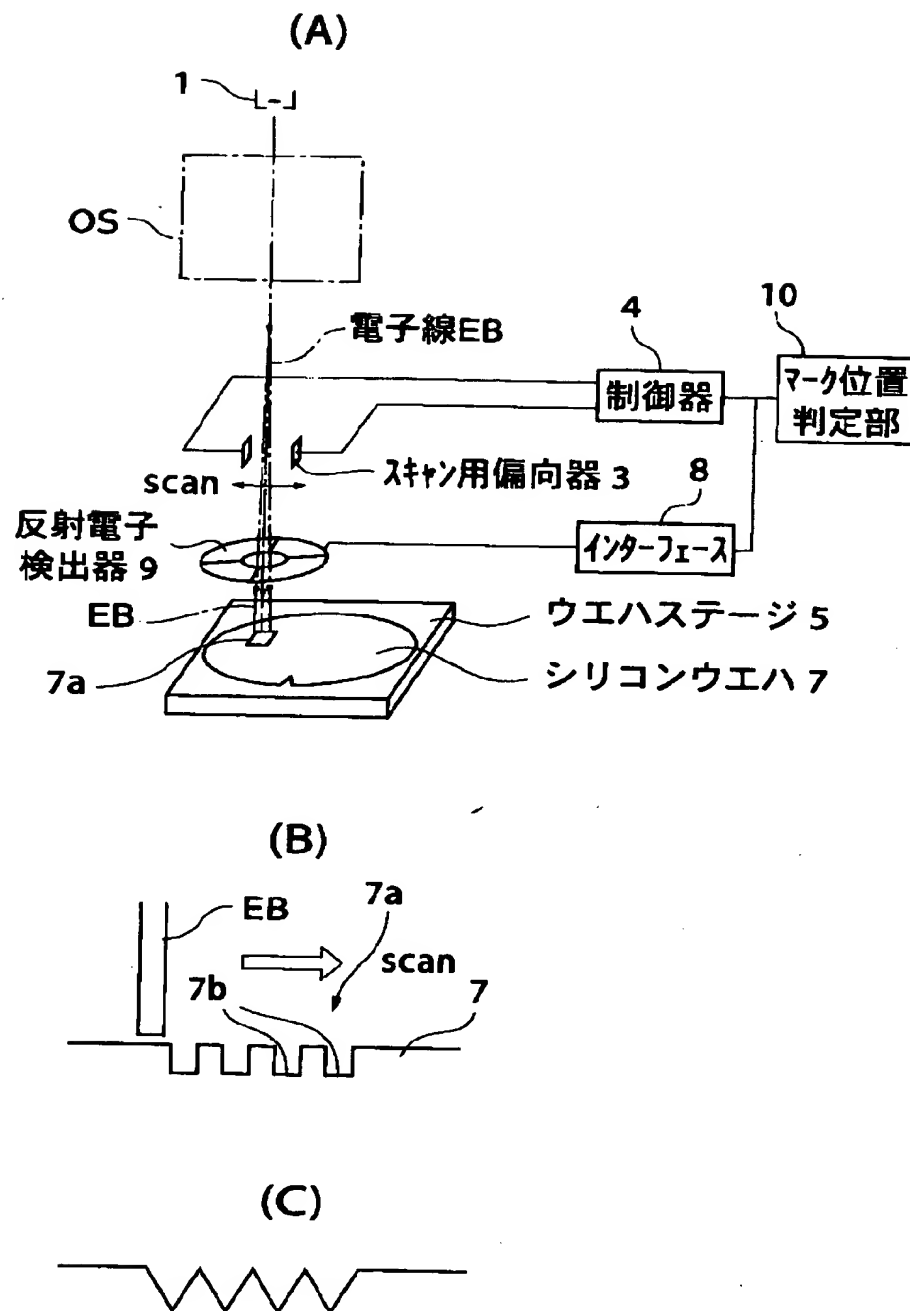
【図 1】



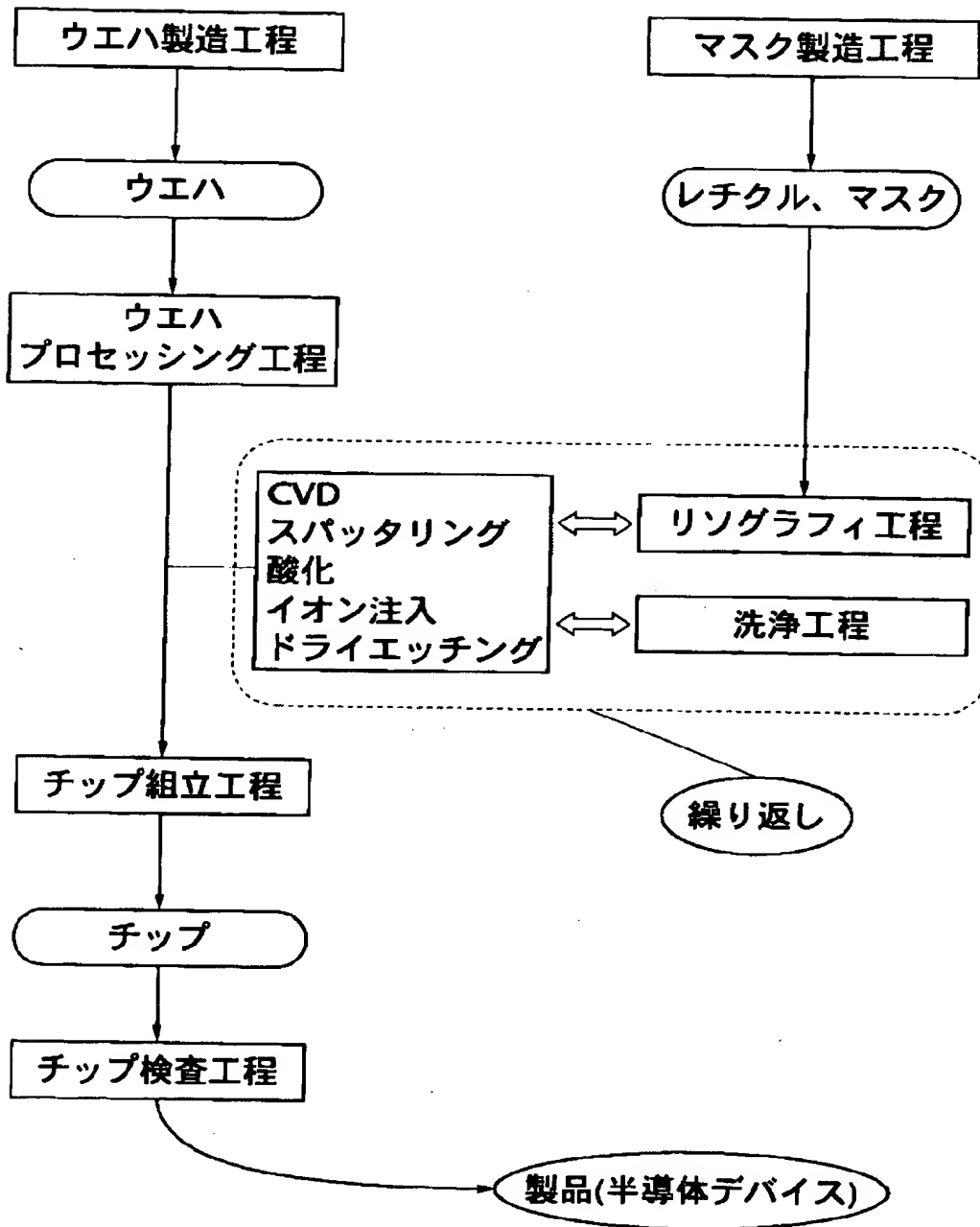
【図 2】



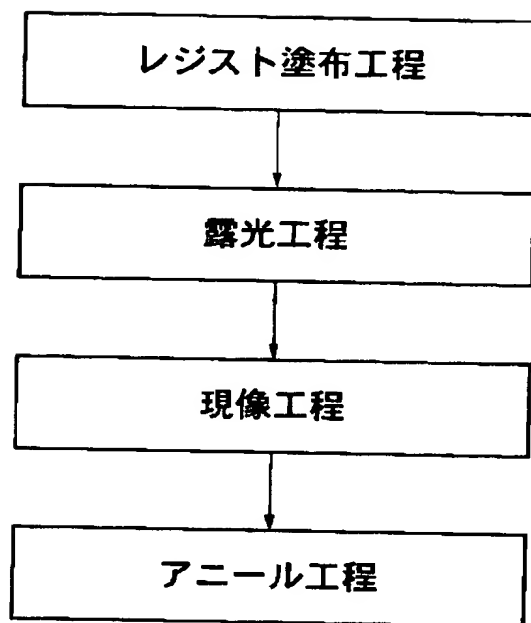
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子線露光装置等において、正確なマーク位置検出を可能とする方法を提供する。

【解決手段】 試料のマークが形成されていない部分に電子線を照射して反射電子信号波形（B）を得るとともに、マークが形成されている部分に電子線を照射して反射電子信号波形（A）を得る。両反射電子信号の差信号を求め、純粹にアライメントマークの形状や材質による信号波形（C）を得る。マークが形成されている部分から得られる反射電子信号波形から、試料の結晶性を反映した信号波形を分離して、マーク形状又はマーク材質を反映した信号波形を抽出できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成 1 1 年 特許願 第 2 5 7 0 0 3 号
受付番号	5 9 9 0 0 8 8 3 8 8 1
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 1 年 9 月 2 0 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年 9月10日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン